

DES BATTERIES LITHIUM-ION MOINS CHÈRES ET PLUS PERFORMANTES À PARTIR DE SILICIUM DE QUALITÉ MÉTALLURGIQUE

Malgré l'expansion volumique du Si, les inventeurs ont réduit la probabilité de fracture mécanique d'un facteur de 95%.

Réf : Boucherif_2020-027

Contexte

Les batteries lithium-ion (Li-ion) sont omniprésentes dans le monde d'aujourd'hui et constituent l'une des innovations les plus importantes des dernières décennies. Ces batteries sont les sources d'énergie de nombreux appareils et produits que nous utilisons tous les jours : nos téléphones intelligents, tablettes, ordinateurs, voitures électriques... la liste est longue, et le nombre d'appareils utilisant ces batteries explose avec l'avènement de l'Internet des objets (IoT). Par conséquent, l'industrie subit une pression énorme pour produire des batteries Li-ion plus performantes et moins coûteuses.

Les performances des batteries Li-ion sont limitées par le matériau utilisé pour son anode ce qui détermine directement la densité d'énergie, la capacité, le cycle de vie (nombre de cycles de charge/décharge) et le coût. Le graphite est actuellement le matériau le plus utilisé pour les anodes. Cependant, le silicium (Si) a une capacité théorique 10 fois supérieure à celle du graphite (peut stocker 10X plus de lithium), permet une densité énergétique (énergie par unité de masse) 40% supérieure, et bénéficie d'un volume par masse 35% inférieur à celui du graphite pour un stockage d'énergie équivalent.

À l'heure actuelle, l'utilisation généralisée des batteries Li-ion à base de Si dans les usines est freinée par des processus de production coûteux et en plusieurs étapes, tels que le dépôt chimique en phase vapeur (CVD) et la nano-structuration de surface par plasma. Ces approches sont à forte intensité de capital, ne peuvent être mises à l'échelle et utilisent du Si cristallin de qualité électronique hautement purifié, ce qui est coûteux et implique plusieurs étapes de purification. Enfin, le Si a tendance à gonfler (expansion du volume) et à se fissurer après plusieurs cycles de charge et de décharge (lorsqu'il absorbe du lithium (il est "lithié")). Ce gonflement entraîne la défaillance des piles.

Description

Cette invention répond à ces problèmes. Elle utilise du Si de qualité métallurgique (le deuxième élément le plus abondant de la croûte terrestre) et un processus de production simple en trois étapes qui est facilement adaptable (potentiellement 10 fois moins cher que le CVD et le plasma).

Deux avancées qui changent la donne ont été réalisées. En effet, malgré l'expansion volumique du Si (qui ne peut être contrôlée), les inventeurs ont réduit la probabilité de fracture mécanique (fissuration) d'un facteur de 95 % par rapport à toutes les autres techniques actuellement disponibles. Deuxièmement, la structure de l'anode en silicium prévient les défaillances électrochimiques ainsi que la perte de capacité dans le temps. Aucune autre méthode n'est capable de prévenir les défaillances mécaniques et électrochimiques en même temps.

La preuve de concept est complète, de la production du matériau actif à son intégration dans des batteries en fonctionnement. Plusieurs cycles de tests ont permis d'ajuster les caractéristiques de performance des batteries. Les tests ont montré une prévention significative de la croissance des SEI, des efficacités coulombiennes améliorées à plus de 99%, et des énergies spécifiques mesurées jusqu'à 750 Wh/kg.

Applications

- Batteries lithium-ion (Li-on).
- Applications ciblées des batteries :
 - o Véhicules électriques
 - o Internet des objets (IoT)
 - o Réseaux (grilles) intelligents

Avantages techniques

- Réduction des CAPEX et OPEX pour la production du matériau d'anode des batteries Li-ion.
 - o Méthode de production simple et facilement évolutive, potentiellement 10 fois moins chère que les méthodes actuelles,
 - o Coût du matériau d'anode basé sur le plasma : ~100 \$/kg contre 5 à 30 \$/kg pour cette technique.
- L'anode de Si qui en résulte présente les caractéristiques suivantes :
 - o Réduit la fissuration par expansion de volume d'un facteur de 95% (défaillance mécanique),
 - o Réduit les défaillances électrochimiques (doublement du nombre de cycles),
 - o Réduit la perte de capacité dans le temps, et donc la durée de vie, par un facteur de 3 à 5.
- L'utilisation du silicium comme matière active offre les avantages suivants :
 - o Une capacité théorique 10 fois supérieure à celle du graphite (peut stocker 10 fois plus de lithium),
 - o Une densité énergétique (énergie par unité de masse) 40% supérieure à celle du graphite,
 - o 35% de volume/poids en moins que le graphite pour un stockage d'énergie équivalent.
- Augmentation du cycle de vie des batteries Li-ion par le contrôle de l'expansion du volume et de la formation de l'interphase de l'électrolyte semi-conducteur (SEI), particulièrement pertinent pour les véhicules électriques.

Avantages commerciaux

- Possibilité d'augmenter la capacité des batteries Li-ion tout en réduisant le coût.
 - o Matériaux anodiques moins chers, batteries de plus grande capacité, coûts de production réduits.
- Coût de l'anode réduit d'un facteur 10+ tout en bénéficiant des propriétés très intéressantes du Si, à savoir une capacité accrue.
- Matière première abondante - Si métallurgique - 100X moins chère que le Si électronique (~1,20 \$/kWh contre >100 \$/kWh) - (Source : Tesla : 2020 Annual Shareholder Meeting and Battery Day).
- L'avenir de plusieurs technologies de pointe est lié à l'évolution des batteries Li-ion.
 - o Le marché des batteries Li-ion est estimé à 38,6 milliards de dollars en 2020, pour atteindre 116,6 milliards de dollars en 2030, avec un TCAC de 12,3 %, soit un triplement en 10 ans.
- 90% de ce marché est compatible avec les batteries de cette invention.
- Le marché des anodes de batteries Li-ion est estimé à 8,5 milliards de dollars en 2021 pour atteindre 20,9 milliards de dollars en 2026 avec un TCAC de 19,9%.
 - o Taille du marché des applications ciblées et TCAC
 - o Véhicules électriques - 162 G\$ US à 803 G\$ US (2019-2027), TCAC de 22,6 %.
 - o Internet des objets (IoT) - 10,6 G\$ US à 561 G\$ (2017-2022), TCAC 26,9 %.
 - o Réseaux intelligents - 67 milliards de dollars US à 169 milliards de dollars US (2017-2025), TCAC de 12,4 %.
- Aucune autre solution ne présente les avantages de cette invention qui changent la donne.

Mots clés

Batterie lithium-ion, anode de batterie à base de silicium, silicium de qualité métallurgique, micro-structuration des semi-conducteurs, véhicules électriques.

Maturité de la technologie

- TRL 4-5 avec du silicium de qualité microélectronique
 - o TRL 3-4 avec du silicium de qualité métallurgique.
- Preuve de concept achevée ; plusieurs batteries construites, caractérisées et optimisées avec ce nouveau matériau actif en Si mésoporeux pour l'anode, dans plusieurs cycles de test.
- Les développements se poursuivent sur ces pistes :
 - o Caractérisation et test des matériaux anodiques à base de silicium dans les batteries Li-ion.



200-35, Radisson
Sherbrooke QC J1L 1E2
CANADA
t 819 821-7961

Propriété intellectuelle

Demande de brevet déposée.

Ce que nous recherchons

- Partenaires de développement.
- Partenaires commerciaux.
- Octroi de licences.
- Entreprises cibles
 - o Tesla, Ferroglobe, Silicium Québec, Bombardier, Blue Solutions.
 - o Entreprises de transformation des métaux
 - o Fabricants d'anodes de batteries
 - o Fabricants de batteries au lithium-ion
 - o Utilisateurs de batteries au lithium-ion.

Contact Inventeur

Professeur Abderraouf Boucherif
Université de Sherbrooke
Abderraouf.Boucherif@USherbrooke.ca

Contact TransferTech Sherbrooke

François Nadeau
f.nadeau@transfertech.ca
873 339-2028
www.transfertech.ca

